

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ЛУНЕ

Издательство «Наука» Москва 1972

К.П.Флоренский, А.А.Гурштейн, В.И.Кораблев,
Л.М.Бугаевский, К.Б.Шингарева

**КЛАССИФИКАЦИЯ, МАСШТАБНЫЙ РЯД И НОМЕНКЛАТУРА
КАРТ ЛУНЫ**

Дальнейшее развитие работ по изучению Луны, необходимое для понимания ее природы и решения проблем сравнительной планетологии, требует все возрастающего привлечения методов естественных наук — геологических, геофизических, геохимических и геодезических — для исследований ее поверхности и внутреннего строения. Развитие этих исследований космическими средствами, как и развитие самих методов космического эксперимента, диктует необходимость картирования Луны в различных масштабах и с различной степенью генерализации.

Однако традиционные принципы картирования Земли не могут быть использованы без известных корректив, вызванных своеобразием поверхности Луны и методов ее изучения. Так, например, в процессе подготовки карт земной поверхности одним из важных этапов является дешифрирование материалов специальных аэросъемок заданного масштаба. Дешифрирование состоит в выявлении объектов, природа и свойства которых признаются важными и хорошо известны на основе многовекового опыта человечества. При этом объекты изображаются условными масштабными и внемасштабными знаками, необходимость которых не всегда вытекает из характера фотоизображений, а основывается на близком знакомстве картографа с природой объекта. Система условных знаков, как правило, основывается на практической значимости различных категорий дешифрируемых объектов. Иными словами, картирование Земли, за исключением особых случаев, не преследует чисто научных целей. Каждая карта имеет конкретное назначение, что определяет ее содержание, систему условных знаков, шрифтовое, зарамочное и красочное оформление и т. п.

Создание карт лунной поверхности в настоящее время, напротив, преследует прежде всего научные цели. Так, например, дешифрирование деталей лунной поверхности заключается в выявлении их морфологических и генетических особенностей, причем процесс дешифрирования превращается в процесс научного анализа особенностей поверхности. Выявление категорий, подлежащих дешифрированию, происходит в самом процессе изучения Луны и не может быть пока predetermined заранее. Требования к фотосъемке при этом зачастую не ограничиваются интересами картографии. Они могут диктоваться необходимостью выполнения дополнительных работ — например, перспективных съемок, важных для понимания природы геологических объектов, изучаемых по аналогиям с земными образованиями.

Монотонность лунных ландшафтов требует разработки специфических методов их изображения. Одним из таких практически наиболее доступных методов является картографирование Луны путем создания фотопланов и фотокарт ее поверхности. Однако фотокарты и фотопланы не во всех случаях оказываются пригодными, поскольку внешний вид лунной поверхности неузнаваемо меняется с изменением высоты Солнца.

По сравнению с наземными условиями изменяются и исходные материалы, используемые для создания карт, и методы их обработки. Например, уже в недалеком будущем основным исходным материалом при картировании Луны будут служить космические фотоснимки. При этом отсутствие атмосферы и монотонность лунной поверхности позволяют использовать наряду с известными стереофотограмметрическими методами и иные приемы. В качестве одной из потенциальных возможностей назовем, в частности, определение относительных высот лунных объектов по одному снимку фотометрическим методом, что имеет некоторую аналогию с определением морских глубин.

Полноценное картирование Луны требует создания на ее поверхности фундаментальных опорных сетей, а также разработки принципиальных основ лунной картографии: определения оптимальных масштабов для решения разного рода научных задач, выбора соответствующих проекций и номенклатурной разграфки, разработки типов карт, методов определения их нагрузки, принятия единой системы условных обозначений различных морфологических и генетических форм. Однако в выполненных к настоящему времени лунных картографических работах остро ощущается отсутствие единой общепринятой концепции. Как правило, масштабы и проекции для лунных карт выбираются достаточно произвольно, не существует единой системы номенклатурной разграфки, нет единых взглядов на типы и классификацию лунных карт, существует разноречивость и в условных обозначениях и даже в терминологии категорий рельефа.

В связи с этим имеет смысл сделать ряд предварительных замечаний относительно классификации лунных карт.

Согласно классификации, принятой для Земли, географические карты делятся по содержанию на общегеографические и тематические, причем ведущую роль играют именно общегеографические карты, включающие карты обзорные, обзорно-топографические и топографические. Они призваны отражать преимущественно топографию земной поверхности и отличаются большим разнообразием масштабов. Что касается Луны, то, руководствуясь требованиями комплексных исследований, можно сделать вывод, что удельный вес тематических карт по сравнению с Землей существенно возрастает.

Действительно, при комплексном изучении поверхности Луны можно выделить ряд основных параллельно развивающихся направлений работ. Так, геолого-морфологическое направление охватывает круг вопросов, связанных с определением возраста лунных образований, их строения, формы и состава, генезиса и эволюции, т. е. включает широкий круг вопросов лунной тектоники, стратиграфии, морфологии, петрографии. Основной отличительной чертой второго направления — изучения площадных физических свойств лунной поверхности — является то обстоятельство, что исследования в этом направлении могут быть осуществлены и уже осуществляются наземными средствами. По наблюдениям с Земли составляются обобщенные карты, характеристик физических свойств поверхности, а именно: выявляются тепловые аномалии, определяются регионы с различными поляризационными свойствами, отмечаются проявления лунной активности, наконец, выполняется районирование Луны по колориметрическим и фотометрическим признакам. Конечной целью этих исследований, в частности, является выделение районов, перспективных для дальнейшего детального изучения. Геофизическое направление предполагает проведение гравиметрических съемок, использование методов активной и пассивной сейсмоки, электрометрическую разведку, изучение приливных деформаций. При разработке прикладных вопросов характеризуются условия посадки космических средств и особенности их существования на поверхности, а также возможности использования природных ресурсов. Результаты исследований практически во всех перечисленных направлениях требуют отображения на тематических картах. Предлагаемая в качестве основы для обсуждения предварительная классификация карт, учитывающая эти направления исследований, показана на рис. 1*.

* Ячейки, оставленные пустыми, подчеркивают то обстоятельство, что в будущем классификация может быть дополнена.

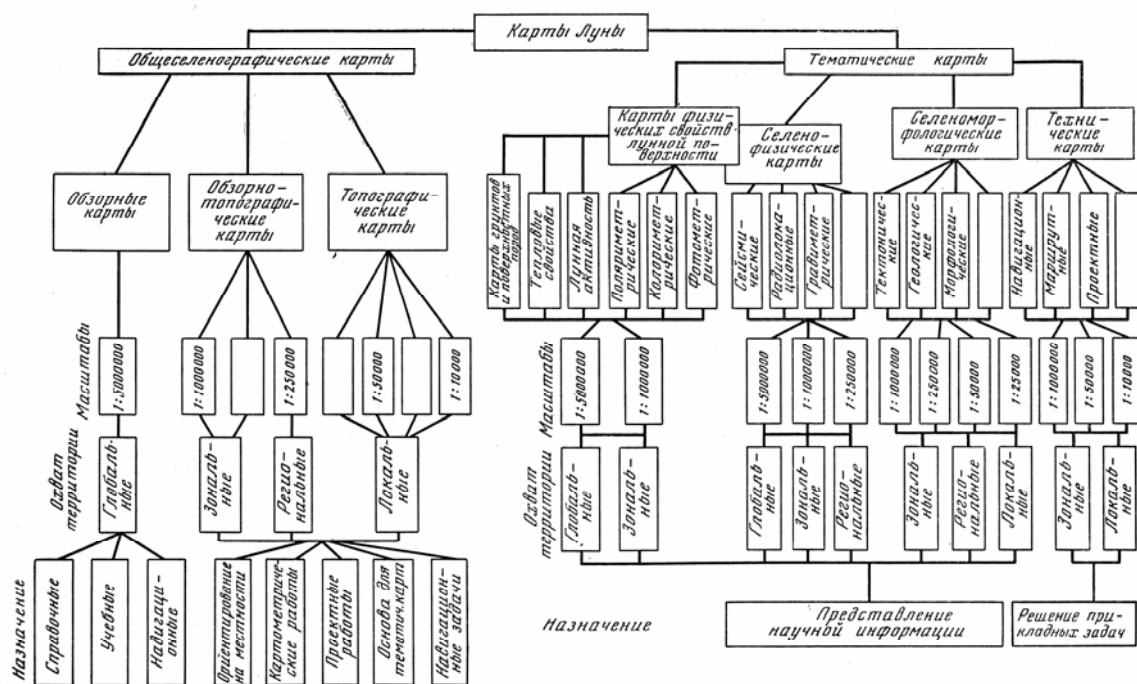


Рис. 1. Классификация карт Луны

Представление разнородных результатов исследований на тематических картах облегчит задачу сопоставления и обобщения информации, полученной различными методами и из различных источников. В свою очередь привлечение таких разнообразных данных приблизит нас к решению основных планетологических проблем, связанных с происхождением и эволюцией Луны.

В целях сохранения преемственности и удобства работы кажется целесообразным при установлении масштабного ряда и разработке соответствующей номенклатурной разграфки карт лунной поверхности максимально сохранить те основные принципы земной картографии, которые стали традиционными, и, будучи выработаны в результате большого практического опыта, весьма удобны.

Как известно, в земных условиях широкое распространение получил следующий масштабный ряд карт: 1:5 000 000; 1:1 000 000; 1:500 000; 1:250 000^{**}; 1:100 000; 1:50 000; 1:25 000; 1:10 000. Этот масштабный ряд желательно сохранить также при картографировании поверхности Луны и других планет^{***}.

Ввиду того, что лунный рельеф отличается удивительной монотонностью и преобладающая нагрузка лунных карт будет тематической, обобщающей информацию о тех или иных свойствах поверхности, целесообразно на первом этапе исследований сократить число рабочих масштабов. Анализ особенностей нагрузки лунных карт позволяет

^{**} В СССР приняты масштабы 1:200 000; 1:300 000.

^{***} В данной работе карты масштаба крупнее 1:10 000 не рассматриваются.

утверждать, что на первом этапе исследований Луны достаточно ограничиться масштабным рядом с уменьшением каждого последующего масштаба в 4–5 раз.

Рассмотрим масштабный ряд, получаемый при сокращении земного масштабного ряда. Такой ряд будет содержать следующие масштабы: 1:5 000 000; 1:1 000 000; 1:250 000; 1:50 000; 1:10 000.

Исходным рабочим масштабом, по нашему мнению, должен остаться масштаб 1:1 000 000. Этот масштаб является наиболее крупным из тех, которые еще могут быть, хотя бы в отдельных районах, обеспечены материалами наземных наблюдений; тем самым он служит связующим звеном между картами крупных масштабов, на которых отображаются детали, не наблюдаемые с Земли, и мелкомасштабными обзорными картами, которые для видимого полушария могут быть созданы по материалам наземных наблюдений. Здесь следует напомнить, что в идеальном случае (при идеальных атмосферных условиях высокогорных обсерваторий и наличии соответствующих астрономических инструментов) на земных фотографиях опознаются детали порядка 0,5–1 км.

В этом масштабе уже создано много лунных карт. Так, например, в США составлена карта масштаба 1:1 000 000 почти на все видимое полушарие. Для обеспечения этой работы на обсерватории Пик-дю-Миди (Франция) проводилось систематическое фотографирование Луны и кинематографирование лунной поверхности вблизи терминатора. В результате этого были получены оптимальные по качеству изображения Луны. Коллекция снимков насчитывает ныне около ста тысяч фотографий. Одновременно в СССР была выпущена карта масштаба 1:1 000 000 на экваториальную зону.

Масштаб 1:1 000 000 является сводным в земной геологии и может играть аналогичную роль и в селенологии, тем более что для будущих сравнительных планетологических исследований целесообразно иметь наборы тематических карт планет и их спутников, составленные в идентичных или, по крайней мере, мало различающихся друг от друга масштабах. Топографические карты этого масштаба могут использоваться в навигационных целях, а также при производстве картометрических работ. С позиций комплексного изучения Луны карты масштаба 1:1 000 000 окажутся удобными как с точки зрения геолого-морфологического и геофизического дешифрирования, так и для отображения физических свойств лунной поверхности. Наконец, этот масштаб традиционно является исходным для установления земной номенклатурной разграфки. По территориальному охвату карты масштаба 1:1 000 000 могут быть зональными — околуполусными, экваториальными и т. д., или же глобальными — отображающими поверхность полушарий или Луны в целом.

Масштаб 1:5 000 000 предлагается в качестве основного мелкого масштаба. Прежде всего, он является весьма удобным для обзорных карт, используемых в демонстрационных, учебных, наконец, в справочных целях. Этот масштаб уже неоднократно использовался в лунной картографии. Так, в масштабе 1:5 000 000 были составлены в СССР и в США карты обратной стороны Луны, издана первая полная карта Луны. Наконец, карты этого масштаба дают возможность изображать глобальные особенности геологического строения Луны — планетную тектонику, характер распределения тектоно-магматических формаций по поверхности Луны, этапы формирования поверхности. Они отображают либо Луну в целом, либо отдельные полушария.

В отличие от карт масштабов 1:1 000 000 и 1:5 000 000, карты более крупных масштабов до сих пор имели лишь ограниченное применение. В настоящее время существует весьма небольшое число листов крупномасштабных карт, которые составлены по материалам отдельных фотографирований из космоса. Необходимость создания в дальнейшем, при получении соответствующих исходных материалов, карт крупных масштабов в настоящее время не вызывает сомнений.

На первом этапе работ предлагается остановить выбор на среднем масштабе 1:250 000, поскольку этот масштаб весьма удобен с точки зрения лунного картирования. Размеры рамок трапеций для него в градусной мере выражаются целыми числами — $4 \times 5^\circ$. Лист масштаба 1:1 000 000 содержит 16 листов масштаба 1:250 000. Тем самым выполняются условия кратности масштабов. В то же время протяженность рамок трапеции этого масштаба в километрах на местности составляет 120×150 км, что согласуется с требованиями тематического картирования. Так, например, подобная площадь удовлетворяет региональному геологическому картированию. Между тем лист лунной карты более крупного масштаба — 1:100 000 — охватывает полигон со сторонами 40×60 км, что в площадном смысле уже приводит к потере регионального характера исследований и в свою очередь препятствует решению ряда тектонических, стратиграфических и других вопросов, приводя, кроме того, еще и к значительному увеличению объема работ по геолого-морфологическому дешифрированию. В земной геологии создание карт масштаба 1:100 000 вызвано прежде всего удобством проведения полевых работ. При обследовании же Луны и планет объем работ на самой поверхности, очевидно, останется минимальным, и тем самым отпадает необходимость в более крупном рабочем масштабе при охвате значительных территорий. Создание карты более мелкого масштаба, чем 1:250 000, например 1:500 000, привело бы к неоправданному увеличению охватываемой территории и соответствующей картографической генерализации.

Крупные масштабы 1:50 000 и 1:10 000 необходимы, по-видимому, прежде всего для решения прикладных задач дальнейшего развития космических исследований, а также для изучения участков в геологически интересных регионах и изучения отдельных форм рельефа. Геолого-морфологическое дешифрирование при этом включает для масштаба 1:50 000 определение зон контактов, тектонических нарушений, строение интрузий, лавовых потоков, отдельных элементов кратеров и т. д., а для масштаба 1:10 000 — мощность рыхлого слоя, каменистость, плотности кратеров на единицу площади, их возрастные и генетические характеристики. По охвату территории карты этих масштабов будут иметь локальный характер.

При определении масштабного ряда для создания карт на первом этапе исследований мы исходили из предпосылки, что в будущем будут в наличии картографические, фотосъемочные и другие необходимые материалы, позволяющие обеспечить карты этих масштабов, доброкачественные как по своей точности, так и по полноте содержания.

Земные карты средних и крупных масштабов в подавляющем большинстве случаев многолистны и для каждого из масштабов представляют собой связанную серию листов, границы которых совпадают с меридианами и параллелями. В связи с многолистностью подобных карт для них прибегают к номенклатурной разграфке. Под номенклатурной разграфкой понимается система деления земного эллипсоида на ряд трапеций различной протяженности по широте и долготе, зависящей от масштаба карты. В основу земной разграфки взят лист масштаба 1:1 000 000. Обозначения листов международные.

Исходя из размеров лунного шара, для рамок единичной трапеции миллионной карты Луны целесообразно установить, как это уже принято на картах ЛАС США и картах экваториального пояса, изданных в СССР, протяженность по широте 16° и по долготе 20° . При этом размеры рамок в сантиметрах в масштабе карты в экваториальной зоне составляют 49×61 см, или в километрах на местности — 490×610 км. Листы, заключенные в 16° -градусной широтной зоне, образуют ряд (пояс). Каждому ряду придадим свое обозначение латинскими буквами от А до Е, начиная от экватора, к обоим полюсам, до параллелей с широтами $\pm 80^\circ$. Листы в 20° -градусных меридиональных зонах образуют колонну. Колонны обозначим арабскими цифрами. Очевидно, что всего на поверхности Луны будет 18 колонн по 20° . Счет колонн предлагается вести от 1 до 18 к востоку, начиная с колонны, которую сечет пополам нулевой меридиан. Предлагаемая разграфка миллионной карты представлена на рис. 2, а, б. Всего на поверхности Луны (не считая полярных шапок) размещается 138 листов этого масштаба.

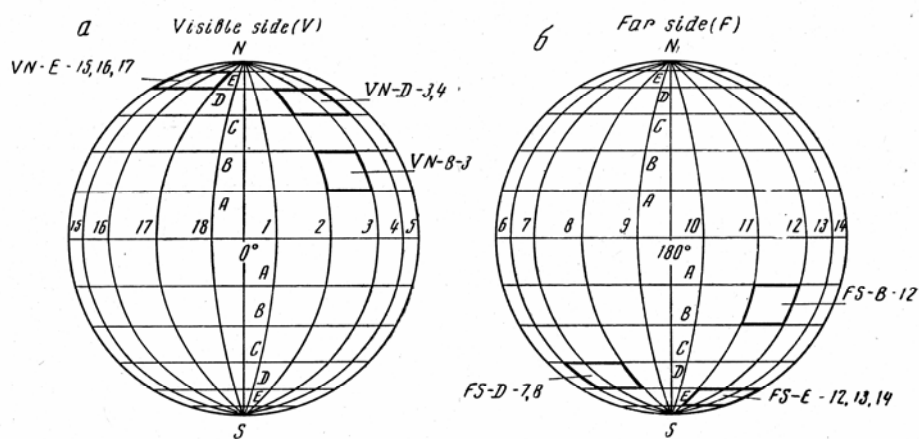


Рис. 2. Разграфка полушарий Луны

a — разграфка видимого полушария на листы карты масштаба 1 : 1 000 000 (пример номенклатуры листов северного полушария); *б* — разграфка невидимого с Земли полушария на листы карты масштаба 1 : 1 000 000 (пример номенклатуры листов южного полушария)

Полярные шапки, включающие территории, расположенные от параллелей $\pm 80^\circ$ до полюсов, изображаются в масштабе 1:1 000 000 каждая на одном листе с размерами 61 x 61 см.

В связи с заметным возрастанием величины сближения меридианов листы пояса D (между параллелями 48 и 64°) целесообразно сдваивать по долготе, а листы пояса E (между параллелями 64 и 80°) утраивать.

При проведении такой разграфки, при которой нулевой меридиан располагается в середине первой колонны, экваториальная зона до параллели $\pm 48^\circ$ как на видимой, так и на невидимой сторонах Луны покрывается целым числом листов.

Номенклатура каждого листа миллионной карты складывается из буквы, обозначающей ряд, и номера колонны¹. Кроме того, впереди ставится буква, отмечающая принадлежность листов к видимому или невидимому полушарию: V (Visible) для видимого полушария и F (Far) — для невидимого; к этой букве добавляются привычные обозначения север — N или юг — S, показывающие направление от экватора. В результате, номенклатура миллионного листа выглядит примерно так: FN-A-8 или VS-B-1.

Номенклатура сдвоенного и строенного листов будет иметь соответственно следующий вид: FN-D-7, 8 и FN-E-6, 7, 8.

По аналогии с Землей лист миллионной карты служит основанием для дальнейшей разграфки на различные трапеции в зависимости от масштаба. В отличие от номенклатуры земных карт средних и крупных масштабов для номенклатурных обозначений листов лунных карт всех масштабов целесообразно использовать латинский алфавит, поскольку для всех масштабов желательно иметь единую номенклатуру в международном понимании. Это

¹ Кроме номенклатуры, на листах карт всех масштабов целесообразно указывать также, как это делается на картах Земли, собственное наименование листа по важнейшему объекту.

облегчило бы как научное, так и космонавтическое сотрудничество. Кроме букв латинского алфавита, для номенклатуры в дальнейшем используются арабские цифры. Соответствующая сокращенному масштабному ряду номенклатурная разграфка лунных карт должна предусматривать принципиальную возможность на втором этапе картирования Луны восстановления масштабного ряда до того полного вида, который принят в земной картографии.

Миллионный лист карты делится на четыре листа масштаба 1:500 000 (рис. 3, а), которые обозначаются заглавными буквами латинского алфавита — А, В, С, D. Номенклатура листа 1:500 000 включает номенклатуру миллионного листа с добавлением соответствующей буквы, например FN-B-1-D. По широте лист имеет протяженность 8° , по долготе 10° ; размеры рамок в масштабе карты составят 49 x 61 см, на местности 245 x 305 км.

Лист карты масштаба 1:500 000 делится на четыре листа масштаба 1:250 000, которые обозначаются строчными буквами латинского алфавита — а, в, с, d (рис. 3, б). Номенклатура листа карты масштаба 1:250 000 имеет, например, вид: FN-B-7-A-с.

Каждый лист масштаба 1:250 000 имеет протяженность по долготе 5° , по широте 4° , размеры рамок в масштабе карты составляют 49 x 61 см, на местности 122,5 x 152,5 км.

Миллионный лист делится на 120 листов масштаба 1:100 000 (рис. 3, в). Листы обозначаются арабскими цифрами 1, 2, ... 120. В номенклатуру листа масштаба 1:100 000 входит номенклатура миллионного листа с добавлением номера сотысячного листа, например FN-B-7-120. Каждый лист масштаба 1:100 000 имеет протяженность по долготе 2° , по широте $1^\circ 20'$. Размеры рамок в масштабе карты составляют 40 x 60 см, на местности 40 x 60 км. Лист карты масштаба 1:100 000 служит основанием для разграфки на трапеции более крупных масштабов.

Трапеции масштаба 1:50 000 получаются делением сотысячного листа на 4 части (рис. 3, г). Таким образом, в миллионном листе содержится 480 листов этого масштаба. Обозначаются они заглавными буквами латинского алфавита — А, В, С, D, которые при написании полной номенклатуры подписываются после номенклатуры сотысячного листа, например FN-B-7-120-D. Размеры трапеции составляют по долготе 1° , по широте — $0^\circ 40'$; размеры рамок в масштабе карты составляют 40 x 61 см, на местности 20 x 30,5 км.

При делении трапеции масштаба 1:50 000 на 4 части получают 4 трапеции масштаба 1:25 000 (рис. 3, д). Эти трапеции обозначаются строчными буквами латинского алфавита, которые приписываются к номенклатуре пятидесятитысячного листа, например FN-B-7-120-D-d. В миллионный лист входит 1920 трапеций этого масштаба. Размеры каждой

трапеции следующие: по широте протяженность $0^{\circ}20'$; по долготе — $0^{\circ}30'$; размеры рамок в масштабе карты 40 x 60 см, на местности 10,0 x 15,5 км.

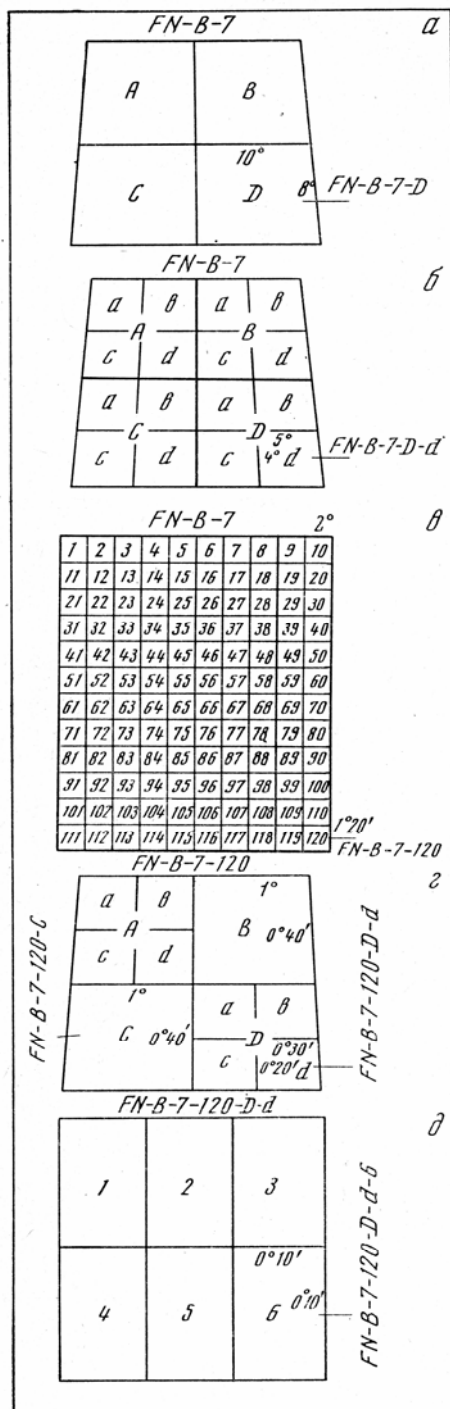


Рис. 3. Примеры разграфки листов карты различного масштаба и примеры номенклатуры некоторых листов

a — масштаба 1 : 1 000 000 на листы карты масштаба 1 : 500 000; β — масштаба 1 : 1 000 000 на листы карты масштаба 1 : 250 000; ϵ — масштаба 1 : 1 000 000 на листы карты масштаба 1 : 100 000; δ — масштаба 1 : 100 000 на листы карты масштаба 1 : 50 000 и 1 : 25 000; θ — масштаба 1 : 25 000 на листы карты масштаба 1 : 10 000

При описываемой разграфке в пределах каждой трапеции масштаба 1:25 000 размещаются 6 трапеций масштаба 1:10 000 (рис. 3, д). Они обозначаются арабскими цифрами — 1, 2, 3, 4, 5, 6. Миллионный лист содержит 11 520 листов этого масштаба. Номенклатура листа масштаба 1:10 000 получается из номенклатуры двадцатипятидесяти тысячного листа добавлением соответствующей цифры, например FN-B-7-120-D-d-6. Размеры трапеции в градусах — по широте $0^{\circ}10'$, по долготе также $0^{\circ}10'$; размеры рамок трапеции в масштабе карты 50 x 50 см.

Предлагаемая номенклатурная разграфка, помимо рисунков, иллюстрируется таблицей. Из данных таблицы следует, что при принятой разграфке для четырех масштабов из семи рассмотренных листы карт вблизи экватора по форме близки к квадратам. В целом же размеры колеблются от 40 до 60 см. Указанные размеры хорошо согласуются с обычными технологическими возможностями производства. Кроме того, с листами таких размеров удобно работать. Размеры рамок в градусной мере для средних масштабов выражаются целым числом градусов, для крупных масштабов — круглыми десятками минут, что также способствует удобству в работе.

| Масштабный ряд | Размеры рамок | | Размеры рамок в масштабе карты, см | | Размеры рамок на местности, км | | Число листов в предыдущем масштабе | Число листов в масштабе 1:1 000 000 | Пример номенклатуры |
|----------------|---------------|------------|------------------------------------|------------|--------------------------------|------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| | по широте | по долготе | по широте | по долготе | по широте | по долготе | | | |
| 1:1 000 000 | 16°00' | 20°00' | 49 | 61 | 490,0 | 610,0 | 1 | 1 | FN-B-7 |
| 1:500 000 | 8°00' | 10°00' | 49 | 61 | 245,0 | 305,0 | 4 | 4 | FN-B-7-A |
| 1:250 000 | 4°00' | 5°00' | 49 | 61 | 122,5 | 152,5 | 4 | 16 | FN-B-7-D-a |
| 1:100 000 | 1°20' | 2°00' | 40 | 61 | 40,0 | 61,0 | 120* | 120 | FN-B-7-120 |
| 1:50 000 | 0°40' | 1°00' | 40 | 61 | 20,0 | 30,5 | 4 | 480 | FN-B-7-120-A |
| 1:25 000 | 0°20' | 0°30' | 40 | 61 | 10,0 | 15,2 | 4 | 1920 | FN-B-7-120-A-d |
| 1:10 000 | 0°10' | 0°10' | 50 | 50 | 5,0 | 5,0 | 6 | 11520 | FN-B-7-120-A-d-4 |

ВЫВОДЫ

1. В настоящее время назрела необходимость разработки общей единой концепции, позволяющей решать вопросы математической основы, содержания и оформления лунных карт. В данной статье предпринята попытка дать классификацию лунных карт и наметить решение отдельных вопросов лунной картографии.

2. Анализ особенностей нагрузки лунных карт позволяет утверждать, что на первом этапе исследований Луны достаточно ограничиться сокращенным масштабным рядом, с уменьшением каждого последующего масштаба в 4–5 раз, включающим конкретно следующие масштабы: 1:5 000 000; 1:1 000 000; 1:250 000; 1:50 000; 1:10 000.

3. Размеры отдельных листов указанных выше масштабов и их номенклатуру предлагается принять в соответствии с данными таблицы.